

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kiichiro SAKASHITA, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: AN ABSORBING ROD, AN APPARATUS FOR INSERTING THE ABSORBING ROD, A CASK, AND A METHOD OF STORING SPENT FUEL ASSEMBLIES

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

JAPAN

11-311713

November 1, 1999

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



C. Irvin McClelland

Registration No. 21,124



22850



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Jc825 U.S. PTO

09/696947



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年11月 1日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第311713号

出 願 人

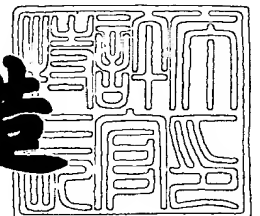
Applicant (s):

三菱重工業株式会社

2000年 9月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3072269

【書類名】 特許願

【整理番号】 199901776

【提出日】 平成11年11月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G21F 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 甫出 秀

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 大園 勝成

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 坂下 毅一郎

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内

【氏名】 伊藤 智博

【特許出願人】

【識別番号】 000006208

【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【代理人】

【識別番号】 100110560

【弁理士】

【氏名又は名称】 松下 恵三

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902892

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 吸収棒、この挿入装置、キャスク、および使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有することを特徴とする吸収棒。

【請求項 2】 PWR 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒を固定する固定部材をさらに有したことを特徴とする請求項 1 に記載の吸収棒。

【請求項 3】 前記吸収棒は、A1 または A1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A1 複合材または A1 合金によって構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の吸収棒。

【請求項 4】 原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群と、

前記吸収棒群が挿入される制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管群を有した PWR 用使用済み核燃料集合体と、

前記吸収棒群が挿入された PWR 用使用済み核燃料集合体を収納する格子状セルを形成したバスケットと、

前記バスケットを内部に収納し、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体と、

前記吸収棒群が挿入された PWR 用使用済み核燃料集合体を前記格子状セルに出し入れするために前記胴本体の開口部に設けられた着脱可能な蓋部と、

を備えたことを特徴とするキャスク。

【請求項 5】 前記吸収棒は PWR 用制御棒であることを特徴とする請求項 4 に記載のキャスク。

【請求項 6】 前記 PWR 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の断面積の対応分、当該キャスク内部において前記 PWR 用使用済み核燃料集合体を保持するバスケットを構成するプレートあるいは角パイプの中性子吸収能あるい

は中性子減速能に対応した等価厚みを、前記 P W R 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価断面積分、薄くしたことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のキャスク。

【請求項 7】 前記吸収棒は、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A 1 複合材または A 1 合金によって構成されることを特徴とする請求項 4 ～ 6 のいずれか一つに記載したキャスク。

【請求項 8】 P W R 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に、炉心の反応度制御に用いる円柱の P W R 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を固定部材によって固定し、P W R 用使用済み核燃料集合体の上部ノズル開口部を介して該上部ノズル内部に前記固定部材が挿入可能な吸収棒体と、

P W R 用使用済み核燃料集合体の上部ノズル開口部を介して該上部ノズル内部に挿入可能で、前記制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒群が挿入可能な貫通孔を有し、静止時に前記吸収棒群の先端が該貫通孔に挿入された状態で前記固定部材に懸装される案内部材と、

前記吸収棒体の固定部材を着脱自在に懸吊し、着装時に該吸収棒体を上下動させる吊り部と、

前記案内部材に設けられ、前記案内部材に設けられた貫通孔群の配置位置とこれに対応する前記 P W R 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管群の配置位置との相対位置関係を検出する位置検出手段と、

を備え、

前記位置検出手段の検出結果をもとに前記貫通孔群と前記制御棒案内管群との相対位置とを合わせ、前記吸収棒群を降下させて前記吸収棒群を前記制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入させることを特徴とする挿入装置。

【請求項 9】 前記吊り部と前記固定部材との距離が所定距離内になったことを検出する距離検出手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 8 に記載の挿入装置。

【請求項 1 0】 原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の P W R 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、P W

R用使用済み核燃料集合体の計測管を含む制御棒案内管群に挿入する挿入工程と

前記吸収棒群が挿入された状態で前記PWR用使用済み核燃料集合体を搬送し、貯蔵する搬送・貯蔵工程と、

を含むことを特徴とする使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃焼を終えた使用済み核燃料集合体の制御棒案内管に挿入される中性子吸収能を有する吸収棒、吸収棒を制御棒案内管に挿入する挿入装置、使用済み核燃料集合体を収容、搬送、貯蔵するキャスク、およびこの使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

核燃料サイクルの終期にあつて燃焼を終え使用できなくなった核燃料集合体を、使用済み核燃料という。使用済み核燃料は、核分裂生成物など高放射能物質を含むので熱的に冷却する必要があるから、原子力発電所の冷却ピットで所定期間、冷却される。その後、遮蔽容器であるキャスクに収納され、トラックや船舶等で再処理施設や保管施設に搬送、貯蔵される。使用済み核燃料集合体をキャスク内に収容するにあたっては、バスケットと称する格子状断面を有する保持要素を用いる。この使用済み核燃料集合体は、バスケットに形成した複数の収納空間であるセルに1体ずつ挿入され、これによって、輸送中の振動などに対する適切な保持力を確保している。

【0003】

このようなキャスクの従来例としては、「原子力eye」（平成10年4月1日発行：日刊工業出版プロダクション）や特開昭62-242725号公報などにて様々な種類のものが開示されている。

【0004】

図13は、キャスクの一例を示す斜視図である。図14は、図13に示したキ

ヤスクの軸方向断面図である。キャスク 500 は、筒形状の胴本体 501 と、胴本体 501 の外周に設けた中性子遮蔽体であるレジン 502 と、その外筒 503、底部 504 および蓋部 505 から構成されている。胴本体 501 および底部 504 は、 γ 線遮蔽体である炭素鋼製の鍛造品である。また、蓋部 505 は、ステンレス製等の一次蓋 506 および二次蓋 507 からなる。胴本体 501 と底部 504 は、突き合わせ溶接によって結合してある。一次蓋 506 および二次蓋 507 は、胴本体 501 に対してステンレス製等のボルトによって固定されている。蓋部 505 と胴本体 501 との間には、金属製のリングが介在し、内部の気密を保持している。

【0005】

胴本体 501 と外筒 503 との間には、熱伝導を行う複数の内部フィン 508 が設けられている。内部フィン 508 は、熱伝導効率を高めるため、その材料には銅を用いる。レジン 502 は、この内部フィン 508 によって形成される空間に流動状態で注入され、熱硬化反応等で固化形成する。バスケット 509 は、69 本の角パイプ 510 を図 14 に示すように束状に集合させた構造であり、胴本体 501 のキャビティ 511 内に挿入してある。

【0006】

角パイプ 510 は、挿入した使用済み核燃料集合体が臨界に達しないように中性子吸収材（ホウ素：B）を混合したアルミニウム合金からなる。なお、キャスク本体 512 の両側には、キャスク 500 を吊り下げるためのトラニオン 513 が設けられている（一方のみを図示）。また、キャスク本体 512 の両端部には、内部に緩衝材として木材などを組み込んだ緩衝体 514 が取り付けられている（一方のみを図示）。なお、515 は使用済み核燃料集合体が収容されるセルである。

【0007】

ところで、軽水型原子力発電には、沸騰水型原子力発電（BWR：boiling water reactor）と、加圧水型原子力発電（PWR：pressurized water reactor）とがある。上述したキャスク 500 は、沸騰水型原子力発電（BWR：boiling water reactor）に用いられた使用済み核燃料集合体を収容するキャスクである

。BWR用の核燃料集合体は、図15に示す構成をもつ。BWR用の核燃料集合体は、4つのチャンネルボックス601が格子状に配列され、その中心部分に断面形状が十字形状をもつ制御棒608が介在し、この制御棒608の上下動によって燃料棒603の反応度が制御される。

【0008】

核燃料集合体600は、8×8本の燃料棒603が格子状に配列される。各燃料棒603は、4メートル程度の長い棒であるため、燃料棒603を支持する支持格子607が設けられる。各燃料棒603は、粉末状の酸化ウランを焼結した複数の円柱状のペレット631が核燃料として、ジルコニウム合金で構成される円筒状の被覆管633内に挿入され、被覆管633の上部に挿入されたスプリング632によって保持される。なお、ハンドル610は、核燃料集合体600の上げ下げに用いられる。上述したキャスク500内のセル515内に挿入されて収容される使用済み核燃料集合体は、図15に示したBWR用の核燃料集合体600である。

【0009】

これに対して、図16に示す核燃料集合体は、加圧水型原子力発電（PWR：pressurized water reactor）に用いられる。このPWR用の核燃料集合体700は、燃料棒703の間に適宜、分散配置された制御棒708が配列され、燃料棒703と制御棒708とが17×17の格子状に配置されている。この17×17の核燃料集合体700では、中央に配置された1本の計測管と24本の制御棒708が分散して配置される。

【0010】

この制御棒708を上下動することによって、炉心の反応度が制御される。各燃料棒703は、BWR用の燃料棒603と同様に、4メートル程度の長い棒であるため、燃料棒703を支持する支持格子707が設けられる。各燃料棒703は、ジルコニウム合金で構成された円筒状の被覆管733内に複数のペレット731が挿入され、被覆管733の上部に挿入されたスプリング732によって保持される。そして、キャスクには、この燃料集合体70単位で、使用済み核燃料集合体としてセル内に収容される。

【 0 0 1 1 】

図 1 7 は、PWR 用のキャスクの軸方向断面図である。図 1 7 において、PWR 用のキャスク 8 0 0 のキャビティ 8 1 1 内には、半径方向に延びるプレート 8 1 7 を交互に組み合わせて断面が矩形状のセル 8 1 5 を形成したバスケット 8 0 9 を有する。各プレート 8 1 7 は、BWR 用の角パイプ 5 1 0 と同様に、中性子吸収材である B を混合したアルミニウム合金によって構成される。

【 0 0 1 2 】

ただし、各プレート 8 1 7 は、軸方向に延びる冷却水流路 8 1 6 の貫通孔、いわゆるウォーターゾーンを有し、使用済み核燃料集合体の冷却時に、各バスケットセル内およびこの貫通孔に水を満たし、中性子の減速を行い、プレート 8 1 7 およびレジン 8 0 2 による中性子吸収を効率的に行うようにしている。なお、この冷却水流路 8 1 6 に満たされた水は、所定の冷却期間経過後、水抜きが行われ、乾燥される。

【 0 0 1 3 】

冷却水流路 8 1 6 を設けたのは、PWR 用の核燃料集合体のウラン濃縮度が、BWR 用の核燃料集合体に比して高いこと、および核燃料集合体当たりのウラン装荷量も多く、核燃料集合体断面積も大きいこと、これを配列した体系の反応度が高くなるためである。ここで、図 1 7 に示す距離 d_d は、使用済み核燃料集合体が未臨界となることを担保する距離であり、PWR 用の距離 d_d は、BWR 用の距離に比して大きな距離を持たせる必要がある。また、各セル 8 1 5 の配置が格子状でなく、位置ずれをしているのは、BWR の使用済み燃料集合体に比してその核燃料集合体断面積が大きい PWR 用の使用済み核燃料集合体を効率的にキャビティ 8 1 1 に配置するためである。

【 0 0 1 4 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した PWR 用の使用済み核燃料集合体は、格子状に配列された燃料棒 7 0 3 の間に散在する制御棒 7 0 8 は引き抜かれた状態となっており、この制御棒 7 0 8 が引き抜かれた状態の使用済み核燃料集合体 7 0 0 が、キャスク 8 0 0 内のバスケット 8 0 9 によって形成されるセル 8 1 5 内に挿入され、収容

されることになる。

【0015】

したがって、使用済み核燃料集合体内における制御棒708あるいは図示しない計測棒が引き抜かれて出来た空間は無駄な空間となっており、この空間を有効利用することが要望される。

【0016】

また、PWR用のバスケットを形成するプレートあるいは角パイプは、冷却水流路816を形成しなければならず、プレートあるいは角パイプの生成がBWR用のプレートあるいは角パイプの生成に比して複雑であり、時間と労力がかかるという問題点があった。

【0017】

さらに、PWR用の使用済み核燃料集合体自体の核燃料集合体断面積が矩形で大きく、しかも冷却水流路816を設ける必要があるため、キャスクに対する使用済み核燃料集合体の収納効率が悪いという問題点があった。

【0018】

この発明は上記に鑑みてなされたもので、PWR用の使用済み核燃料集合体に存在する制御棒挿入空間および計測棒挿入空間を有効利用して使用済み核燃料集合体間における未臨界を担保する距離 d_d を短くして、使用済み核燃料集合体の収納密度を高めることができる吸収棒、この挿入装置、キャスク、および使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1にかかる吸収棒は、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱のPWR用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有することを特徴とする。

【0020】

この発明によれば、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱のPWR用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有する吸収棒を設け、この吸収棒を使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案

内管に挿入するようにしている。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 2 にかかる吸収棒は、上記の発明において、PWR 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒を固定する固定部材をさらに有したことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

この発明によれば、PWR 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒を固定する固定部材を設け、この固定部材によって、複数の吸収棒を一括して使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入することができる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 3 にかかる吸収棒は、上記の発明において、前記吸収棒は、A1 または A1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A1 複合材または A1 合金によって構成されることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

この発明によれば、吸収棒を、A1 または A1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A1 複合材または A1 合金によって構成し、使用済み核燃料集合体内部において中性子吸収を行うようにしている。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 4 にかかるキャスクは、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群と、前記吸収棒群が挿入される制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管群を有した PWR 用使用済み核燃料集合体と、前記吸収棒群が挿入された PWR 用使用済み核燃料集合体を収納する格子状セルを形成したバスケットと、前記バスケットを内部に収納し、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体と、前記吸収棒群が挿入された PWR 用使用済み核燃料集合体を前記格子状セルに出し入れするために前記胴本体の開口部に設けられた着脱可能な蓋部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

この発明によれば、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の P W R 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管群に挿入した使用済み核燃料集合体をキャスク内に収納し、使用済み核燃料集合体から外部に放射される中性子数を減少し、使用済み核燃料集合体間の離隔距離を小さくすることができる。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 5 にかかるキャスクは、上記の発明において、前記吸収棒は P W R 用制御棒であることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

この発明によれば、P W R 用制御棒自体が回収されるような場合に、吸収棒を P W R 用制御棒自体とし、制御棒を挿入したままの使用済み核燃料集合体としている。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 6 にかかるキャスクは、上記の発明において、P W R 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の断面積の対応分、当該キャスク内部において前記 P W R 用使用済み核燃料集合体を保持するバスケットを構成するプレートあるいは角パイプの中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価厚みを、前記 P W R 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価断面積分、薄くしたことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

この発明によれば、前記 P W R 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の断面積の対応分、当該キャスク内部において前記 P W R 用使用済み核燃料集合体を保持するバスケットを構成するプレートあるいは角パイプの中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価厚みを、前記 P W R 用使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価断面積分、薄くしたバスケット形状にし、特にウラン濃縮度の高い P W R のバスケットに設けられるウォーターゾーンを一層狭くでき、もしくはウォーターゾーンを削除し

たバスケット形状とすることができようになっている。

【 0 0 3 1 】

また、請求項 7 にかかるキャスクは、上記の発明において、前記吸収棒および前記バスケットは、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A 1 複合材または A 1 合金によって構成されることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

この発明によれば、吸収棒およびバスケットを、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A 1 複合材または A 1 合金によって構成し、使用済み核燃料集合体内部および周囲において中性子吸収を行うようにしている。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 8 にかかる挿入装置は、PWR 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に、炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を固定部材によって固定し、PWR 用使用済み核燃料集合体の上部ノズル開口部を介して該上部ノズル内部に前記固定部材が挿入可能な吸収棒体と、PWR 用使用済み核燃料集合体の上部ノズル開口部を介して該上部ノズル内部に挿入可能で、前記制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒群が挿入可能な貫通孔を有し、静止時に前記吸収棒群の先端が該貫通孔に挿入された状態で前記固定部材に懸装される案内部材と、前記吸収棒体の固定部材を着脱自在に懸吊し、着装時に該吸収棒体を上下動させる吊り部と、前記案内部材に設けられ、前記案内部材に設けられた貫通孔群の配置位置とこれに対応する前記 PWR 用使用済み核燃料集合体の制御棒案内管群の配置位置との相対位置関係を検出する位置検出手段とを備え、前記位置検出手段の検出結果をもとに前記貫通孔群と前記制御棒案内管群との相対位置とを合わせ、前記吸収棒群を降下させて前記吸収棒群を前記制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入させることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

この発明によれば、位置検出手段の検出結果をもとに案内部材の貫通孔群と使用済み核燃料集合体の制御棒案内管群との相対位置とを合わせ、前記吸収棒体を降下させることによって貫通孔群が案内孔として作用し、長い吸収棒群を確実に制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の中に挿入させることができる。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 9 にかかる挿入装置は、上記の発明において、前記吊り部と前記固定部材との距離が所定距離内になったことを検出する距離検出手段をさらに備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

この発明によれば、距離検出手段が、吊り部と固定部材との距離が所定距離内になったことを検出し、制御棒案内管等に吸収棒群が確実に挿入されたことを検知し、挿入途中における吸収棒群の落下を防止する。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 1 0 にかかる使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法は、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、PWR 用使用済み核燃料集合体の計測管を含む制御棒案内管群に挿入する挿入工程と、前記吸収棒群が挿入された状態で前記 PWR 用使用済み核燃料集合体を搬送し、貯蔵する搬送・貯蔵工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

この発明によれば、挿入工程によって、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、PWR 用使用済み核燃料集合体の計測管を含む制御棒案内管群に挿入し、その後、搬送・貯蔵工程によって、前記吸収棒群が挿入された状態で前記 PWR 用使用済み核燃料集合体を搬送し、貯蔵するようにし、使用済み核燃料集合体間の離隔距離を小さくできるようにしている。

【 0 0 3 9 】

また、請求項 1 1 にかかる使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法は、上記の

発明において、前記吸収棒は、PWR用制御棒であることを特徴とする。

【0040】

この発明によれば、PWR用制御棒が回収されるような場合に、吸収棒をPWR用制御棒自体とし、PWR用制御棒を挿入したままの使用済み核燃料集合体となるようにしている。

【0041】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、この発明にかかる吸収棒、この挿入装置、キャスク、および使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法の好適な実施の形態を詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0042】

(実施の形態1)

まず、この発明が適用される使用済み核燃料集合体について説明する。図1は、PWR用の使用済み核燃料集合体の構成を示す斜視図である。図1において、使用済み核燃料集合体である核燃料集合体1は、燃料棒4と制御棒案内管5と計測管6とが格子状に束ねられ、その断面が14×14のマトリックス配置となっている。このマトリックス配置は、燃料棒4、制御棒案内管5、および計測管6の長手方向の適宜な箇所に設けられた支持格子7によって支持される。また、制御棒案内管5および計測管6は、上部ノズル2および下部ノズル3によって支持される。

【0043】

すなわち、制御棒案内管5と計測管6は、円筒形状を有し、制御棒案内管5と計測管6のマトリックス状の配置位置に対応して設けられた上部ノズル2と下部ノズル3との貫通孔によって保持される。制御棒案内管5は、原子炉内において中性子吸収能を有する制御棒が挿入され、この制御棒の挿入本数および挿入深さによって炉心の反応度が制御される。制御棒案内管5は、マトリックス配置上、分散して配置される。計測管6は、原子炉内において図示しない計測棒が定期的に挿入され、温度あるいは放射線量が計測され、炉心管理の情報として用いられる。しかし、使用済み核燃料集合体として収納される場合、制御棒案内管5に挿

入される制御棒は引き抜かれており、同様に計測管 6 は計測棒が引き抜かれている。

【0 0 4 4】

そこで、図 2 に示すように制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入される制御棒および計測管と同じ円柱形状をもち、中性子吸収能を有する複数の吸収ロッド 1 1 を新たに形成し、この吸収ロッド 1 1 を核燃料集合体 1 の制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入する。吸収ロッド 1 1 の一端は、上部ノズル 2 の上部開口部から内部に挿入可能な矩形の板状部材である端板 1 2 に接合され、他端は、テーパ状を形成し、制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入しやすくなっている。

【0 0 4 5】

また、吸収ロッド 1 1 の長さは、燃料有効長さを包絡する長さとする。さらに、吸収ロッド 1 1 の半径は、制御棒案内管 5 および計測管 6 の内径未満の値を有し、可能な限り、制御棒案内管 5 および計測管 6 の内径に近いものが好ましいが、約 4 メートルの長さを有するため、ある程度のクリアランスを持たせる必要がある。

【0 0 4 6】

図 3 は、図 2 (b) に示した核燃料集合体 1 の平面図である。図 3 に示した上部ノズル 2 は、マトリックス配置に対応して制御棒案内管 5 と計測管 6 とが配置される。また、原子炉内における軽水の流路 2 1 の貫通孔が複数設けられている。吸収ロッド 1 1 は、この制御棒案内管 5 および計測管 6 を貫通して挿入される。

【0 0 4 7】

また、図 4 は、図 2 (b) に示した核燃料集合体 1 の支持格子 7 の A-A 線断面図である。支持格子 7 は、燃料棒 4、制御棒案内管 5、および計測管 6 からなる 1 4 × 1 4 の格子状態を保持する。吸収ロッド 1 1 は、図 4 に示した支持格子 7 の制御棒案内管 5 および計測管 6 を貫通して挿入される。

【0 0 4 8】

したがって、図 2 (a) に示した端板 1 2 は、吸収ロッド 1 1 が制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入された状態を保持するように吸収ロッド 1 1 を接合する

。この複数の吸収ロッド 1 1 と端板 1 2 とが接合された吸収ロッド体 1 0 を用いることによって、複数の吸収ロッド 1 1 を一括して制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入することができる。なお、端板 1 2 を用いて吸収ロッド 1 1 を接合せずに各吸収ロッド 1 1 を個別に各制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入するようにしてもよい。ただし、核燃料集合体 1 に吸収ロッド 1 1 が挿入された状態で運搬する場合には、吸収ロッド体 1 0 を用いる方が吸収ロッド 1 1 の保持が容易である。

【 0 0 4 9 】

図 5 は、燃料棒 4 の構成を示す正面図である。図 5 において、燃料棒 4 は、ジルコニウム合金で構成された円筒状の被覆管 3 3 内に複数のペレット 3 1 が挿入され、ペレット 3 1 は、被覆管 3 3 内の上部に挿入されたスプリング 3 2 によって保持される。この燃料棒 4 は、上述したように使用済み核燃料集合体を主として構成するものである。

【 0 0 5 0 】

なお、吸収ロッド 1 1 は、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収能をもつ B（ホウ素）または B 化合物の粉末を添加した A 1 複合材または A 1 合金によって構成され、使用済み核燃料集合体自体が内部から臨界に達しないようにしている。また、吸収ロッド 1 1 は、A 1 複合材または A 1 合金によって構成されるので、軽量であり、中性子遮蔽能で核燃料集合体間の距離を小さくできるので、同じ核燃料収容体数でよいならばキャスクの軽量化が一層、促進される。なお、中性子吸収能を有するのであれば、A 1 複合材あるいは A 1 合金に限らず、他の材料を用いてもよい。したがって、吸収ロッド 1 1 に代えて、制御棒 4 そのものを挿入してもよい。

【 0 0 5 1 】

この実施の形態 1 によれば、中性子吸収能を有する吸収ロッド 1 1 を使用済み核燃料集合体の制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入するようにしているので、制御棒案内管 5 および計測管 6 の空間を有効に利用して中性子を吸収することができ、使用済み核燃料集合体内部から中性子の放出を低減するようにし、使用済み核燃料集合体間における未臨界のための離隔距離を低減できる。また、複数の

吸収ロッド 1 1 を端板 1 2 によって接合した吸収ロッド体 1 0 を用いることによって、吸収ロッド 1 1 を一括して制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入することができ、作業効率が向上する。

【 0 0 5 2 】

(実施の形態 2)

つぎに、実施の形態 2 について説明する。この実施の形態 2 は、上述した実施の形態 1 による吸収ロッド 1 1 が挿入された使用済み核燃料集合体を収納するキャスクであり、このキャスクにおけるバスケットのプレートに設けられた冷却水流路が削除された構成となっている。

【 0 0 5 3 】

図 6 は、キャスクの径方向断面図であり、図 1 7 に示した従来の PWR 用のキャスクを改良したものである。図 1 7 に示したプレート 8 1 7 は、PWR 用の使用済み核燃料集合体のウラン濃縮度が高いこと、および BWR 用と比して核燃料集合体当たりのウラン装荷量も多く、核燃料集合体断面積も大きいため、これを配列した体系の反応度が高くなることから、冷却時における中性子を減速させて中性子吸収を効率的に行わせるために、中性子減速材としての水を冷却水流路 8 1 6 内に満たすようにしていた。しかし、上述した実施の形態 1 で説明した吸収ロッド 1 1 を挿入した使用済み核燃料集合体は、使用済み核燃料集合体内部に中性子吸収材を含んでいるため、使用済み核燃料集合体自体から外部に放出する中性子が低減されることになる。

【 0 0 5 4 】

この結果、使用済み核燃料集合体の冷却時における未臨界のための離隔距離を短くすることができ、冷却時における冷却水流路 8 1 6 を設ける必要がない。そのため、図 6 に示した PWR 用のキャスク 4 0 のバスケット 4 9 を構成するプレート 5 0 は、BWR 用のバスケット構造と同様に、冷却水流路を設けていない。

【 0 0 5 5 】

この結果、図 6 に示した PWR 用のキャスク 4 0 では、図 1 7 に示した PWR 用のキャスク 8 0 0 のキャビティ 8 1 1 と同じキャビティ容積にもかかわらず、プレート 5 0 の厚みを薄くすることができるので、一層多くの使用済み核燃料集

合体を格納することができる。たとえば、図 1 7 に示したキャスク 8 0 0 では、1 9 体の使用済み核燃料集合体を収納することができるが、図 6 に示したキャスク 4 0 では、3 2 体の使用済み核燃料集合体を収納することができ、この実施の形態 2 におけるキャスク 4 0 を適用することによって、1 3 体の使用済み核燃料集合体をさらに収納することができる。換言すれば、使用済み核燃料集合体の集積密度を高めて収納することができる。

【 0 0 5 6 】

なお、バスケット形状を図 1 7 に示した形状のまま、実施の形態 1 を適用した使用済み核燃料集合体を収納すると、中性子の放出量が低減されるため、レジンの厚みを薄くすることも可能である。これによって、同じ体数の使用済み核燃料集合体を収納する場合におけるキャスク全体の大きさを小型化することも可能である。

【 0 0 5 7 】

なお、上述した実施の形態 2 では、プレート 5 0 を格子状に組み合わせて、セル 5 5 を形成する構成としたが、これに限らず、角パイプによってセルを構成してもよい。

【 0 0 5 8 】

この実施の形態 2 では、実施の形態 1 における使用済み核燃料集合体を収納する場合、キャスクのバスケットを構成するプレートの厚みを、使用済み核燃料集合体に挿入された吸収ロッドによる中性子吸収能に対応させて薄くすることができる。また、PWR 用のキャスクの特徴である冷却水流路をプレートあるいは角パイプに設ける必要がなく、BWR 用のプレートあるいは角パイプと同様な単純構造のプレートあるいは角パイプを用いることができる。

【 0 0 5 9 】

(実施の形態 3)

つぎに、実施の形態 3 について説明する。実施の形態 1 では、複数の吸収ロッド 1 1 を有する吸収ロッド体 1 0 を用いることによって、複数の吸収ロッド 1 1 を一括して挿入し、作業効率の向上を図るようにしていたが、この実施の形態 3

では、さらに、複数の吸収ロッド 1 1 の使用済み核燃料集合体への挿入を容易かつ安全確実に行うようにしている。

【 0 0 6 0 】

図 7 は、この実施の形態 3 が適用される挿入装置の構成を示す図である。図 7 において、この挿入装置は、吸収ロッド 1 1 が接合された上部端板 6 1、吸収ロッド 1 1 の案内を行う下部端板 6 2、および上部端板 6 1 を移動させる吊り部 6 4 を有する。

【 0 0 6 1 】

上部端板 6 1 は、吸収ロッド体 1 0 に対応する。上部端板 6 1 と下部端板 6 2 とは、吊具 6 3 によって懸吊される。図 8 は、下部端板 6 2 の B - B 線断面図であり、下部端板 6 2 は、吸収ロッド 1 1 を案内する案内孔 7 7 を有する。この案内孔 7 7 は、制御棒案内管 5 および計測管 6 の位置に対応して設けられる。また、上部端板 6 1 と下部端板 6 2 とが吊具 6 3 によって懸吊される場合、静止時あるいは初期状態においては、吸収ロッド 1 1 の先端が少なくとも案内孔 7 7 に挿入された状態でなければならない。また、上部端板 6 1 と下部端板 6 2 の水平方向の幅は、上部ノズル 2 の上部開口部から挿入できる幅である必要があり、少なくとも制御棒案内管 5 および計測管 6 の案内孔 7 7 を設けられる幅であることが必要である。

【 0 0 6 2 】

上部端板 6 1 のほぼ中央部には、吊り孔 7 8 が設けられ、吊り孔 7 8 の内壁には、後述する拘束具 6 5 のつめ 6 9 が掛かるくぼみ 7 0 を有する。拘束具 6 5 は、上部端板 6 1 に対応した平板である吊り板 6 0 に設けられた支点 6 8 を中心に自在に回転するが、拘束具 6 5 の上部に設けられ、互いに拘束具 6 5 の上部を引き付ける引張バネ 6 6 によって、拘束具 6 5 の下部に設けられたつめ 6 9 を常に開脚させる状態にし、これによって上部端板 6 1 を保持する。上部端板 6 1 の保持を解除する場合、すなわち、上部端板 6 1 および下部端板 6 2 と、吊り部 6 4 とを切り離す場合には、拘束具 6 5 の上部を相互に接続するエアシリンダ 6 7 によって、拘束具 6 5 の上部を引張バネ 6 6 の引張力に打ち勝って押し広げる。これによって、つめ 6 9 は、くぼみ 7 0 から離れ、吊り孔 7 8 を介してそれぞれ分

離される。

【0063】

吊り板 6 0 とロードセル 8 1 とはロープ 8 4 を介して懸吊され、さらにロードセル 8 1 は、懸吊する負荷を検知しながら、ロープ 8 3 を介してフック 8 2 に吊され、このフック 8 2 は、図示しない揚重機に接続される。図示しない揚重機は、吊り部 6 4 全体を移動させ、特に上下動させるとともに、拘束具 6 5 を介して結合される上部端板 6 1 および下部端板 6 2 を同時に移動させることができる。

【0064】

吊り板 6 0 上には、巻取部 7 3 を介して光ファイバ 7 1 が下部端板 6 2 の上下動に対応して巻き回される。光ファイバ 7 1 は、吊り板 6 0 の貫通孔 7 6 および上部端板 6 1 の貫通孔 7 5 を貫通し、下部端板 6 2 の撮像孔 9 4 まで延びる。光ファイバ 7 1 の先端には光ファイバ 7 1 のレンズ 7 2 を有し、レンズ 7 2 は撮像孔 9 4 を介して下部に向けられる。光ファイバ 7 1 の先端には、おもり 9 1 が設けられ、光ファイバ 7 1 のレンズ 7 2 を圧し、画像を安定して撮像できるようにしている。光ファイバ 7 1 の他端は、巻取部 7 3 を介して図示しない撮像部に接続され、カメラ等によってレンズ 7 2 近傍の画像が撮像される。

【0065】

また、吊り板 6 0 には、下部に突起をもつ検出器 9 2 を有する。さらに、この検出器 9 2 に対応した下部端板 6 2 上には、検出突起 9 3 を有し、この検出突起 9 3 は、上部端板 6 1 の貫通孔 7 4 を介して検出器 9 2 の下部突起に当接することができる。この検出突起 9 3 と検出器 9 2 の下部突起とが当接する場合は、吸収ロッド 1 1 が制御棒案内管 5 および計測管 6 に全て挿入された場合である。この当接は、検出器 9 2 によって検出され、検出結果は図示しない検出部に出力される。

【0066】

ここで、さらに図 9 ～図 1 1 を参照して、挿入装置による吸収ロッド 1 1 の挿入動作について説明する。図 7 に示した状態は、挿入の初期状態であり、上部端板 6 1 が吊り部 6 4 に結合され、吊具 6 3 が延びきった状態である。この状態において、光ファイバ 7 1 のレンズ 7 2 を介して下部端板 6 2 の位置と上部ノズル

2 の位置との相対位置関係を検出する。この相対位置関係の検出は、画像処理を行うことによって行われ、たとえばパターンマッチングによって相対位置ずれが所定値以下であるか否かを決定し、所定値以下の場合には、おおよそ下部端板 6 2 と上部ノズル 2 との位置が一致した、すなわち下部端板 6 2 の案内孔 7 7 のそれぞれと、上部ノズル 2 の制御棒案内管 5 のそれぞれとが一致する相対位置関係にあると判断する。

【 0 0 6 7 】

具体的には、図 9 (a) に示すように相対位置ずれのない基準画像を取得しておく。下部端板 6 2 が図上、右上に位置ずれしている場合には、図 9 (b) に示すように流路 2 1 および制御棒案内管 5 が図上、左下に位置し、上部ノズル 2 の壁面上端であるノズル筐体 1 0 0 の領域が大きくなる。一方、下部端板 6 2 が図上、左下に位置ずれしている場合には、図 9 (c) に示すように流路 2 1 および制御棒案内管 5 が図上、右上に位置し、ノズル筐体 1 0 0 の領域が小さくなる。したがって、図 9 (b) , (c) に示した画像と図 9 (a) に示した基準画像とのパターンマッチングを行うことによって、下部端板 6 2 の位置ずれ、すなわち吸収ロッド 1 1 の位置ずれを検出することができる。この位置ずれの情報は、揚重機を操作する操作員に伝達され、操作員は、この位置ずれの情報をもとに揚重機を操作して位置ずれをなくすように操作する。

【 0 0 6 8 】

この位置ずれの補正が終わると、操作員は揚重機を下降させ、上部端板 6 1 を下降させることによって、吸収ロッド 1 1 を下降させ、案内孔 7 7 を介して吸収ロッド 1 1 が制御棒案内管 5 および計測管 6 に挿入される。この場合、下部端板 6 2 は、位置ずれのない位置で上部ノズル 2 の内部上面に載置された状態となる。

【 0 0 6 9 】

制御棒案内管 5 等に対する吸収ロッド 1 1 の挿入が終了すると、検出器 9 2 の突起と検出突起 9 3 とが当接し、この検出結果が図示しない検出部に出力される。この検出結果をもとに、操作員は、エアシリンダ 6 7 を押し広げる操作を行い、つめ 6 9 の引っかかりをなくす。その後、操作員は、揚重機を上昇させて上部

端板 6 1 と吊り部 6 4 とを切り離す。実際に切り離されたか否かは、ロードセル 8 1 によって確認することができる。

【 0 0 7 0 】

この結果、図 1 1 に示すように、吸収ロッド 1 1 は、制御棒案内管 5 等に挿入され、吸収ロッド 1 1 を保持している上部端板 6 1 および吸収ロッド 1 1 を案内した下部端板 6 2 は、上部ノズル 2 の内部に収まり、上部ノズル 2 の形状を超えることがない。したがって、吸収ロッド 1 1 を挿入しない使用済み核燃料集合体と同じ形状の使用済み核燃料集合体となる。

【 0 0 7 1 】

なお、上述した検出器 9 2 と検出突起 9 3 との当接は、磁気的あるいは電気的手段によって検出することができる。また、検出器 9 2 を光検出器とし、光学的な手段によって距離を測定し、距離が所定値以下になった場合に挿入が完了したものと判断するようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上述した上部端板 6 1 と下部端板 6 2 とをそれぞれ吸収ロッド 1 1 と同様に、B-A 1 材等の中性子吸収能をもった材質によって形成することによって、水に浸けた状態で保存する湿式のキャスクの場合に蓋部方向のレジンの厚みを薄くすることができる。

【 0 0 7 3 】

この実施の形態 3 によれば、挿入装置を用いて吸収ロッドと制御棒案内管 5 等の相対位置ずれを検出し、大まかな位置補正を行って吸収ロッドと制御棒案内管 5 等の相対位置を一致させ、吸収ロッドの先端のテーパ形状を用いて、確実に吸収ロッドを制御棒案内管 5 に挿入することができる。また、挿入完了の検出を行うようにしているので、挿入時における安全も確保することができる。

【 0 0 7 4 】

(実施の形態 4)

つぎに、実施の形態 4 について説明する。実施の形態 2 は、実施の形態 1 による使用済み核燃料集合体をキャスクに収納するものであったが、この実施の形態 4 では、貯蔵プールに使用済み核燃料集合体を貯蔵する場合における貯蔵方法を

示している。

【0075】

図12は、使用済み核燃料集合体としての核燃料集合体101をプール102内に貯蔵する場合の配置を示す模式図である。図12において、実施の形態1で示した吸収ロッド11が挿入された核燃料集合体101は、水103が満たされたプール102内に配置されたラック104内のラックセルに貯蔵される。ここで、核燃料が未臨界を担保する離隔距離 d 分、相互に離隔してプール103内に貯蔵されるが、各核燃料集合体101には、中性子吸収能を有した吸収ロッド11が挿入されているため、吸収ロッド11を挿入しない場合における離隔距離 d に比較して、離隔距離 d を短くすることができる。

【0076】

したがって、この実施の形態4によれば、各核燃料集合体101は、高密度に配置することができ、貯蔵可能な核燃料集合体101数の増加、あるいはプール102の小型化を促進することができる。

【0077】

なお、上述した実施の形態1～4では、 14×14 のPWR用の使用済み核燃料集合体を例にあげて説明したが、これに限らず、たとえば図16に示したように、 17×17 あるいは 15×15 等のPWR用の使用済み核燃料集合体にも同様に適用できるのは明らかである。

【0078】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明にかかる吸収棒（請求項1）によれば、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱のPWR用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有する吸収棒を設け、この吸収棒を使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入するようにしているので、使用済み核燃料集合体内部で有効に中性子遮蔽を行うことができるという効果を奏する。

【0079】

また、この発明にかかる吸収棒（請求項2）によれば、PWR用使用済み核燃

料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の断面位置に対応した位置に前記吸収棒を固定する固定部材を設け、この固定部材によって、複数の吸収棒を一括して使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入することができるので、複数の吸収棒を容易かつ確実に使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管に挿入することができるという効果を奏する。

【 0 0 8 0 】

また、この発明にかかる吸収棒（請求項 3）によれば、吸収棒を、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した A 1 複合材または A 1 合金によって構成し、使用済み核燃料集合体内部において中性子吸収を行うようにしているので、使用済み核燃料集合体内部における中性子吸収を有効に行うことができるとともに、吸収棒は使用済み核燃料集合体内部に挿入されるため、強度上要求される性能が低くなり、軽量化を促進することができるという効果を奏する。

【 0 0 8 1 】

また、この発明にかかるキャスク（請求項 4）によれば、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の PWR 用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、使用済み核燃料集合体の制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管群に挿入した使用済み核燃料集合体をキャスク内に収納し、使用済み核燃料集合体から外部に放射される中性子数を減少し、使用済み核燃料集合体間の離隔距離を小さくすることができるので、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内に格納できる使用済み核燃料集合体の数を増大することができる効果を有し、あるいは、従来例と同じ収容体数でよければ、胴本体のキャビティ形状を小さくすることができ、あるいは外周の中性子遮蔽体の厚みを小さくすることができ、結果的にキャスク全体の大きさを小さくすることができるという効果を奏する。

【 0 0 8 2 】

また、この発明にかかるキャスク（請求項 5）によれば、PWR 用制御棒自体が回収されるような場合に、吸収棒を PWR 用制御棒自体とし、制御棒を挿入し

たままの使用済み核燃料集合体としているので、回収される制御棒の有効利用を図ることができるという効果を奏する。

【 0 0 8 3 】

また、この発明にかかるキャスク（請求項 6）によれば、前記使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の断面積の対応分、当該キャスク内部において前記使用済み核燃料集合体を保持するバスケットを構成するプレートあるいは角パイプの中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価厚みを、前記使用済み核燃料集合体に挿入された吸収棒の中性子吸収能あるいは中性子減速能に対応した等価断面積分、薄くしたバスケット形状にし、特にウラン濃縮度の高い PWR のバスケットに設けられるウォーターゾーンを一層狭くでき、もしくはウォーターゾーンを削除したバスケット形状とすることができようになっているので、ウラン濃縮度の高い PWR 用のバスケット形状を単純な BWR 用のバスケットと同様な形状とすることができ、バスケット生成の効率化を図れることができるという効果を奏する。

【 0 0 8 4 】

また、この発明にかかるキャスク（請求項 7）によれば、吸収棒およびバスケットを、Al または Al 合金粉末に中性子吸収性能をもつ B または B 化合物の粉末を添加した Al 複合材または Al 合金によって構成し、使用済み核燃料集合体内部および周囲において中性子吸収を行うようにしているので、使用済み核燃料集合体内部および周囲における中性子吸収を有効に行うことができるとともに、吸収棒は使用済み核燃料集合体内部に挿入されるため、強度上要求される性能が低くなり、軽量化を促進することができるという効果を奏する。

【 0 0 8 5 】

また、この発明にかかる挿入装置（請求項 8）によれば、位置検出手段の検出結果をもとに案内部材の貫通孔群と使用済み核燃料集合体の制御棒案内管群との相対位置とを合わせ、前記吸収棒体を降下させることによって貫通孔群が案内孔として作用し、長い吸収棒群を確実に制御棒案内管あるいは計測管を含む制御棒案内管の中に挿入させることができるので、制御棒案内管等に対する吸収棒群の挿入を容易かつ確実に行うことができ、挿入作業の効率化を図ることができる

いう効果を奏する。

【0086】

また、この発明にかかる挿入装置（請求項9）によれば、距離検出手段が、吊り部と固定部材との距離が所定距離内になったことを検出し、制御棒案内管等に吸収棒群が確実に挿入されたことを検知し、挿入途中における吸収棒群の落下を防止するので、挿入作業の効率化を図ることができるとともに、一連の挿入作業の終了を確実に検知でき、挿入作業を安全に実施できるという効果を奏する。

【0087】

また、この発明にかかる使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法（請求項10）によれば、挿入工程によって、原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱のPWR用制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収棒群を、PWR用使用済み核燃料集合体の計測管を含む制御棒案内管群に挿入し、その後、搬送・貯蔵工程によって、前記吸収棒群が挿入された状態で前記PWR用使用済み核燃料集合体を搬送し、貯蔵するようにし、使用済み核燃料集合体間の離隔距離を小さくできるようにしているので、PWR用使用済み核燃料集合体の搬送あるいは貯蔵時における該PWR用使用済み核燃料集合体の密度を高くすることができ、効率的な搬送あるいは貯蔵を行うことができるという効果を奏する。

【0088】

また、この発明にかかる使用済み核燃料集合体の搬送・貯蔵方法（請求項11）によれば、PWR用制御棒が回収されるような場合に、吸収棒をPWR用制御棒自体とし、PWR用制御棒を挿入したままの使用済み核燃料集合体となるようにしているので、回収される制御棒の有効利用を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

PWR用の使用済み核燃料集合体の構成を示す斜視図である。

【図2】

使用済み核燃料集合体に挿入される吸収ロッド体の構成と挿入関係を示す図で

ある。

【図 3】

使用済み核燃料集合体を示す平面図である。

【図 4】

支持格子の A - A 線断面図である。

【図 5】

燃料棒の構成を示す図である。

【図 6】

この発明が適用されるキャスクの構成を示す径方向断面図である。

【図 7】

この発明が適用される挿入装置の構成を示す図である。

【図 8】

下部端板の B - B 線断面図である。

【図 9】

撮像された画像情報の一例を示す図である。

【図 1 0】

挿入が完了した直後における挿入装置の状態を示す図である。

【図 1 1】

挿入が完了した使用済み核燃料集合体の構成および吊り部の構成を示す図である。

【図 1 2】

貯蔵プールにおける使用済み核燃料集合体の貯蔵配置関係を示す模式図である。

【図 1 3】

BWR 用のキャスクの構成を示す斜視図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示したキャスクの構成を示す径方向断面図である。

【図 1 5】

BWR 用の核燃料集合体の構成を示す図である。

【図 1 6】

PWR用の核燃料集合体の構成を示す図である。

【図 1 7】

従来におけるPWR用のキャスクの構成を示す径方向断面図である。

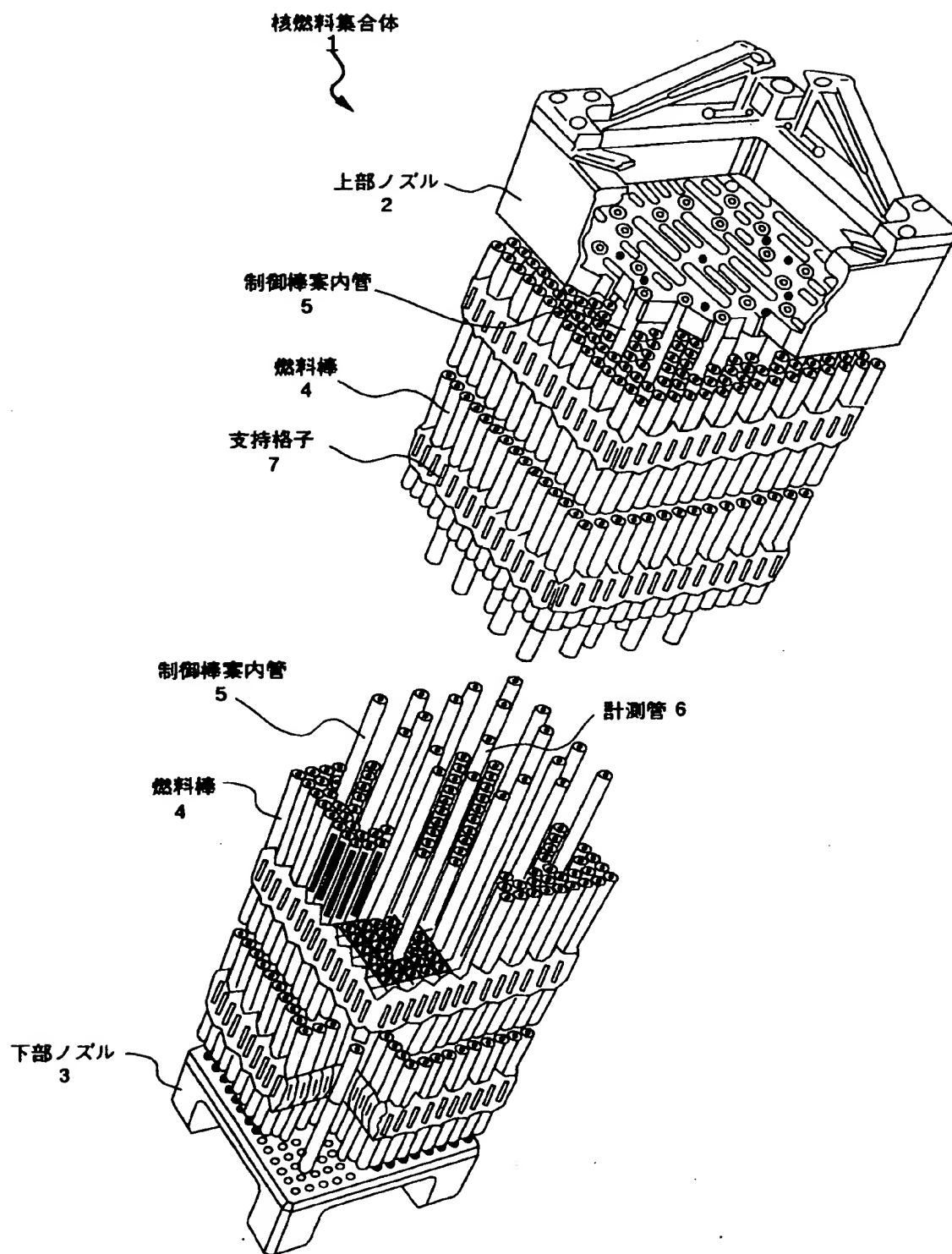
【符号の説明】

- 1 核燃料集合体
- 2 上部ノズル
- 3 下部ノズル
- 4 燃料棒
- 5 制御棒案内管
- 6 計測管
- 10 吸収ロッド体
- 11 吸収ロッド
- 12 端板
- 60 吊り板
- 61 上部端板
- 62 下部端板
- 63 吊り具
- 64 吊り部

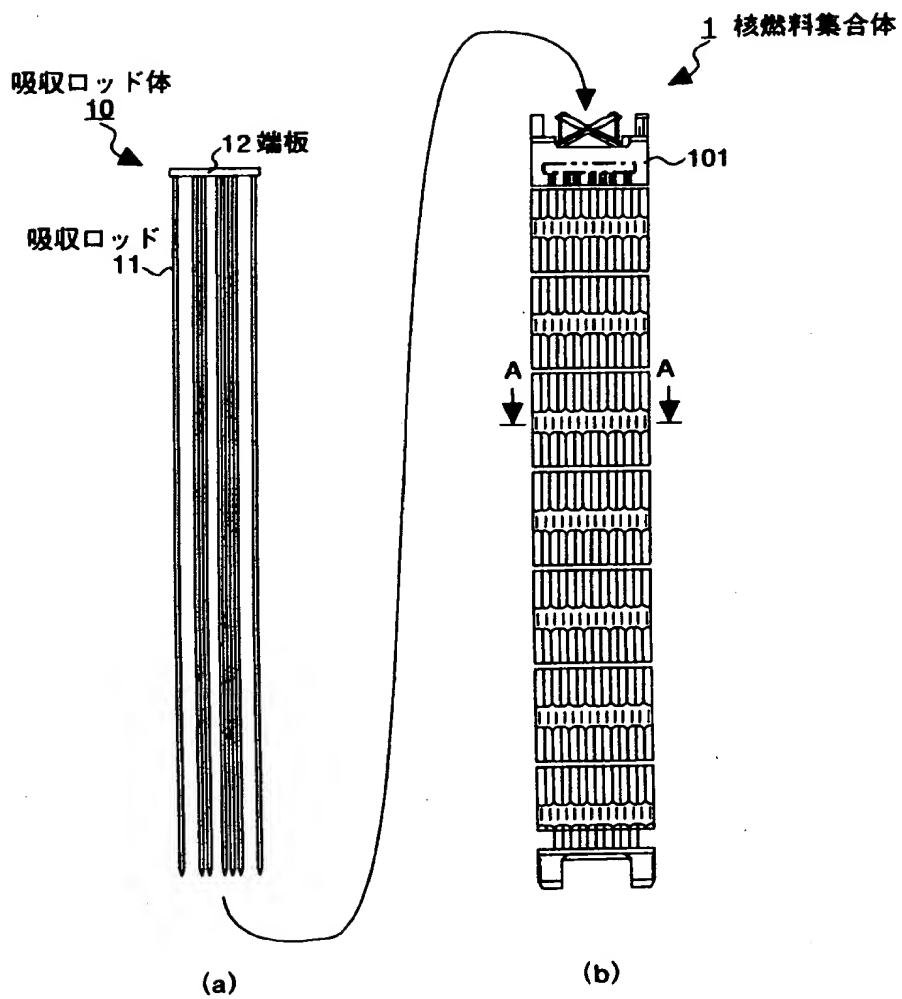
【書類名】

図面

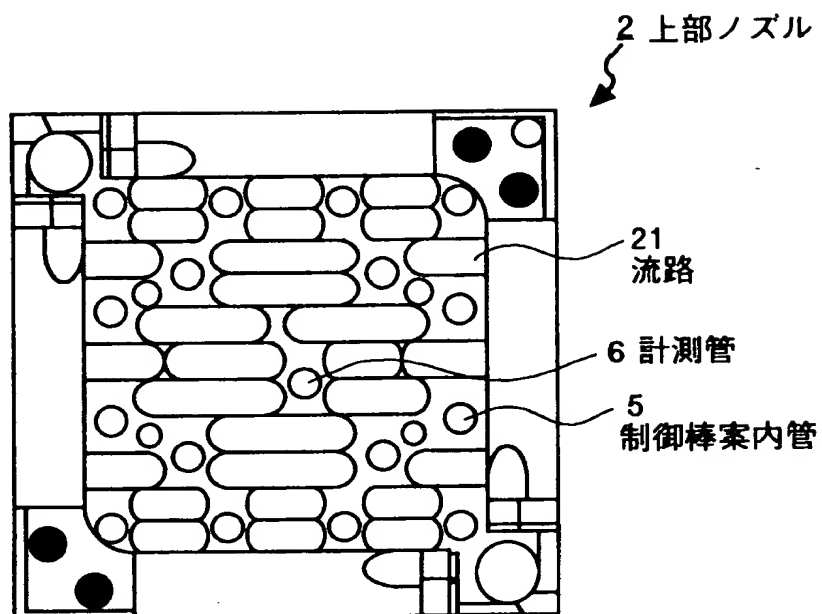
【図 1】



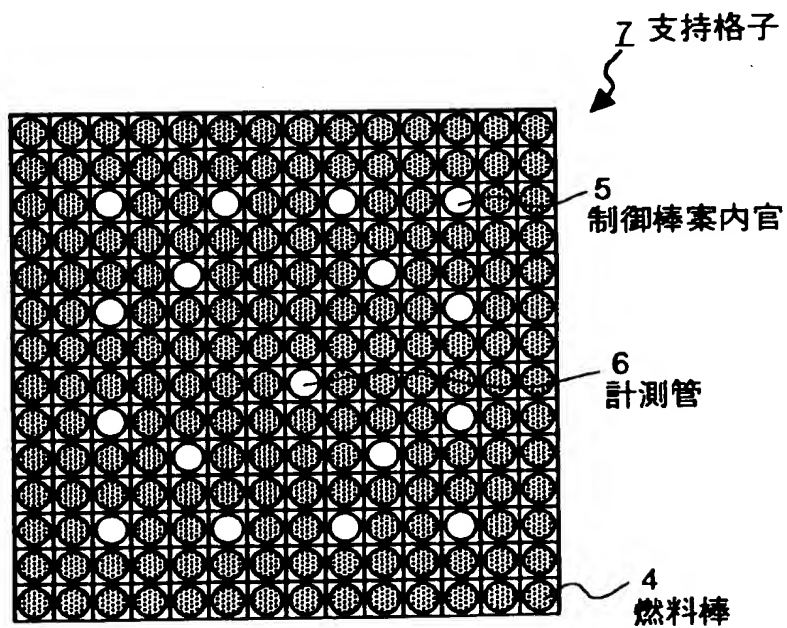
【図 2】



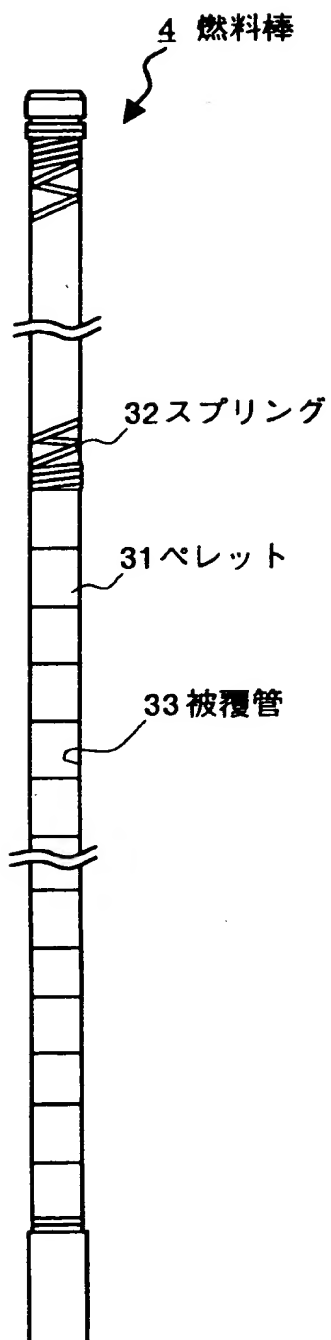
【図 3】



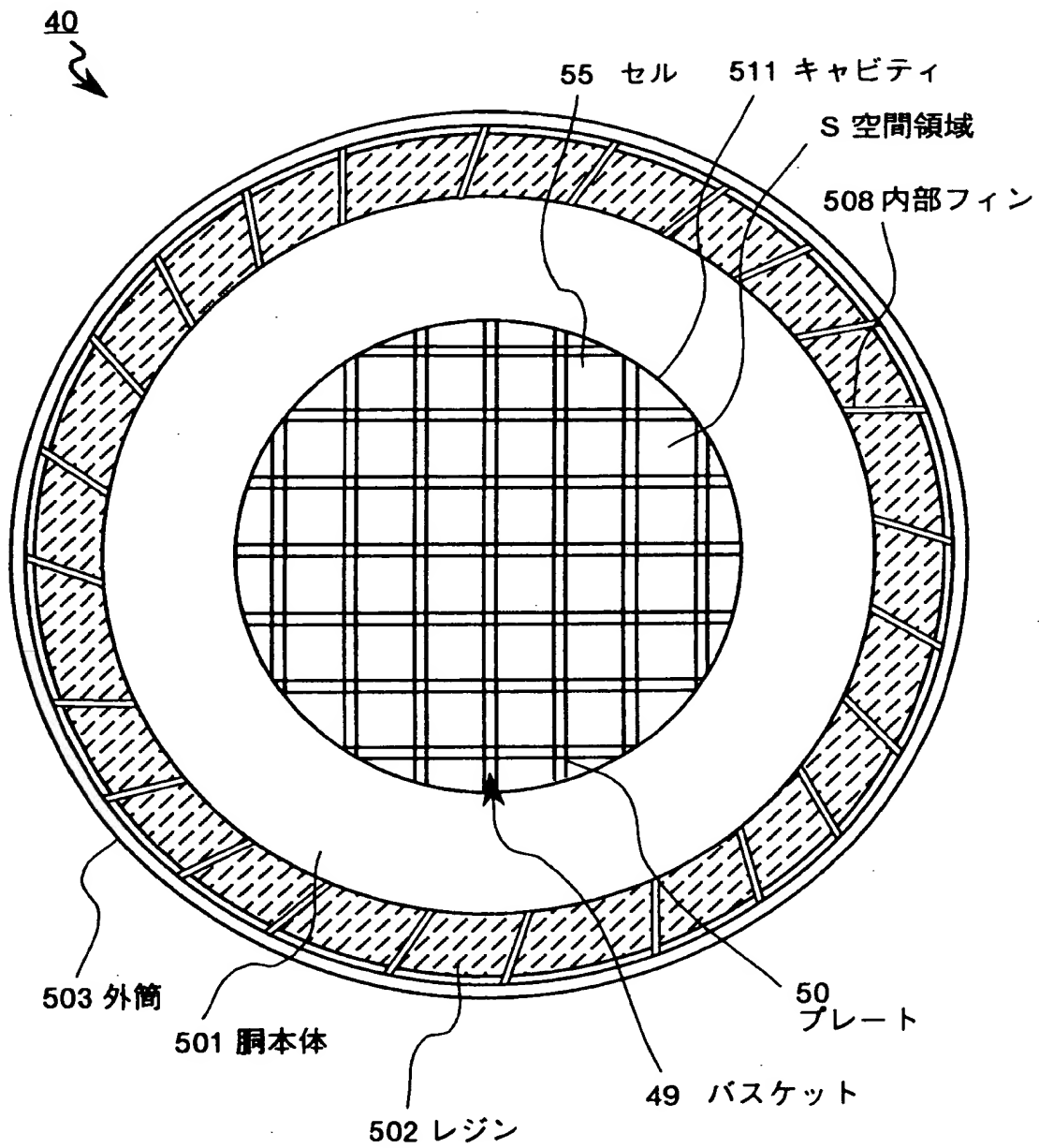
【図 4】



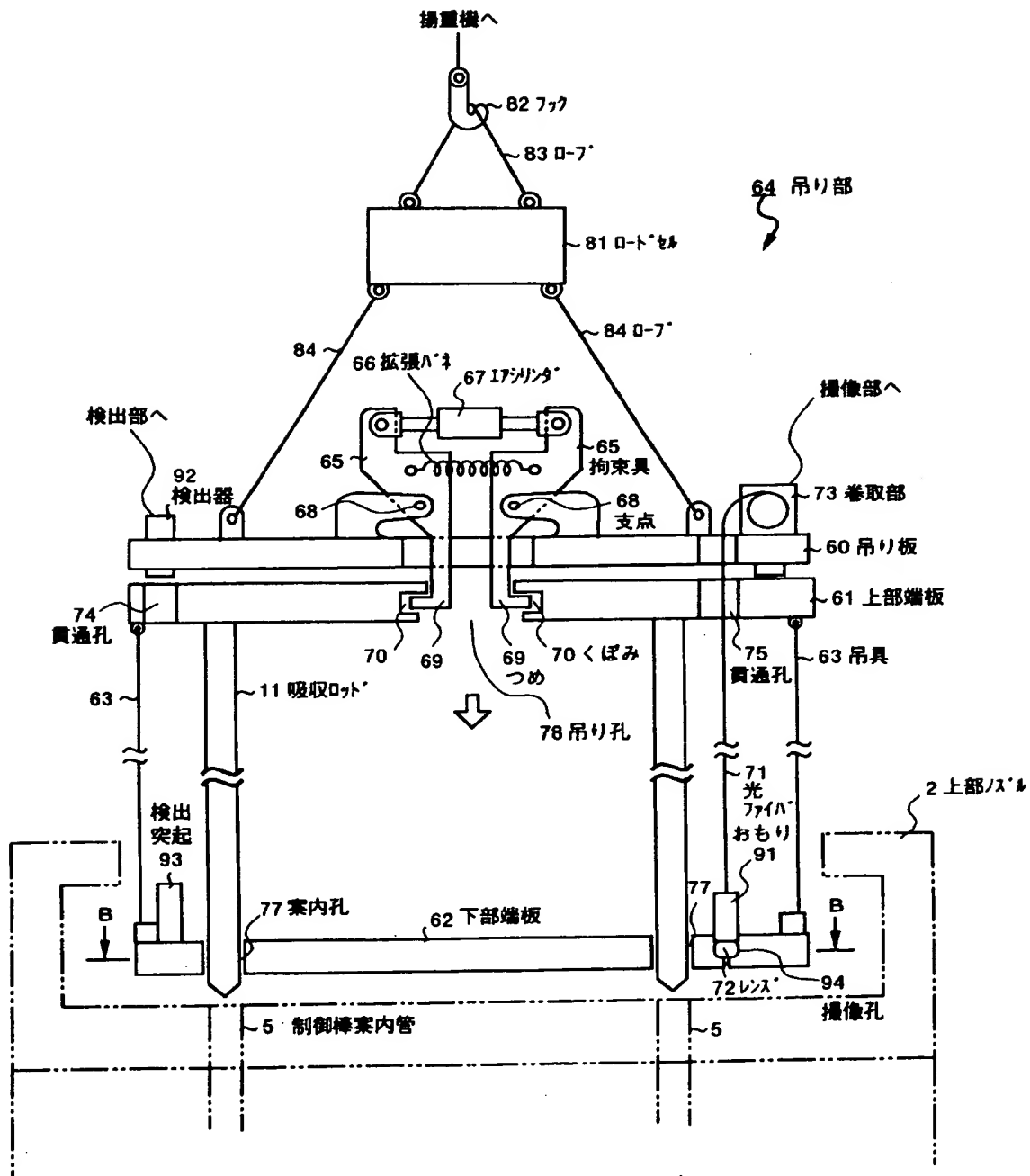
【図 5】



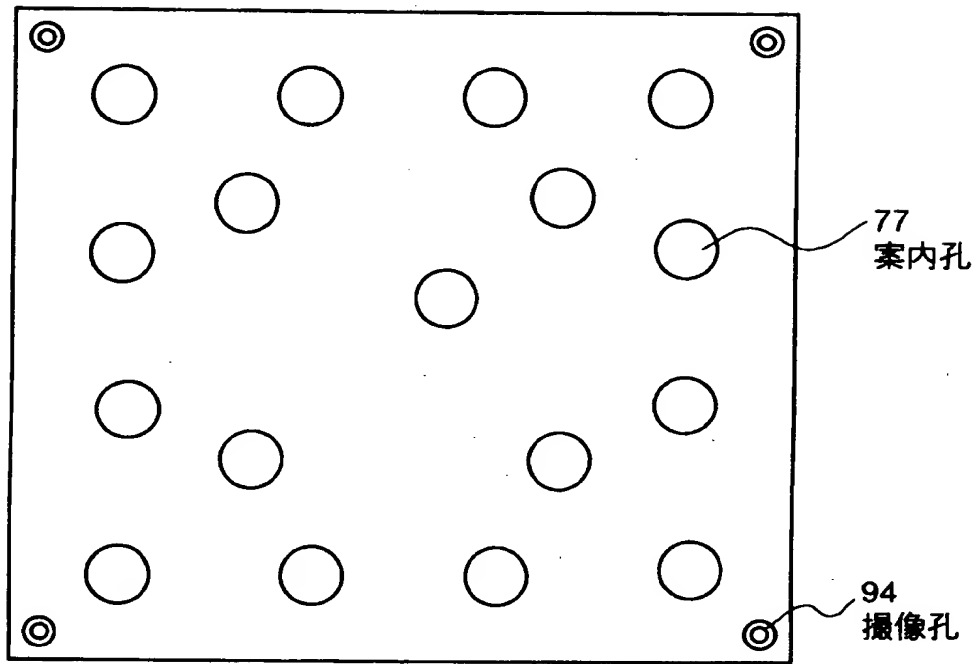
【図 6】



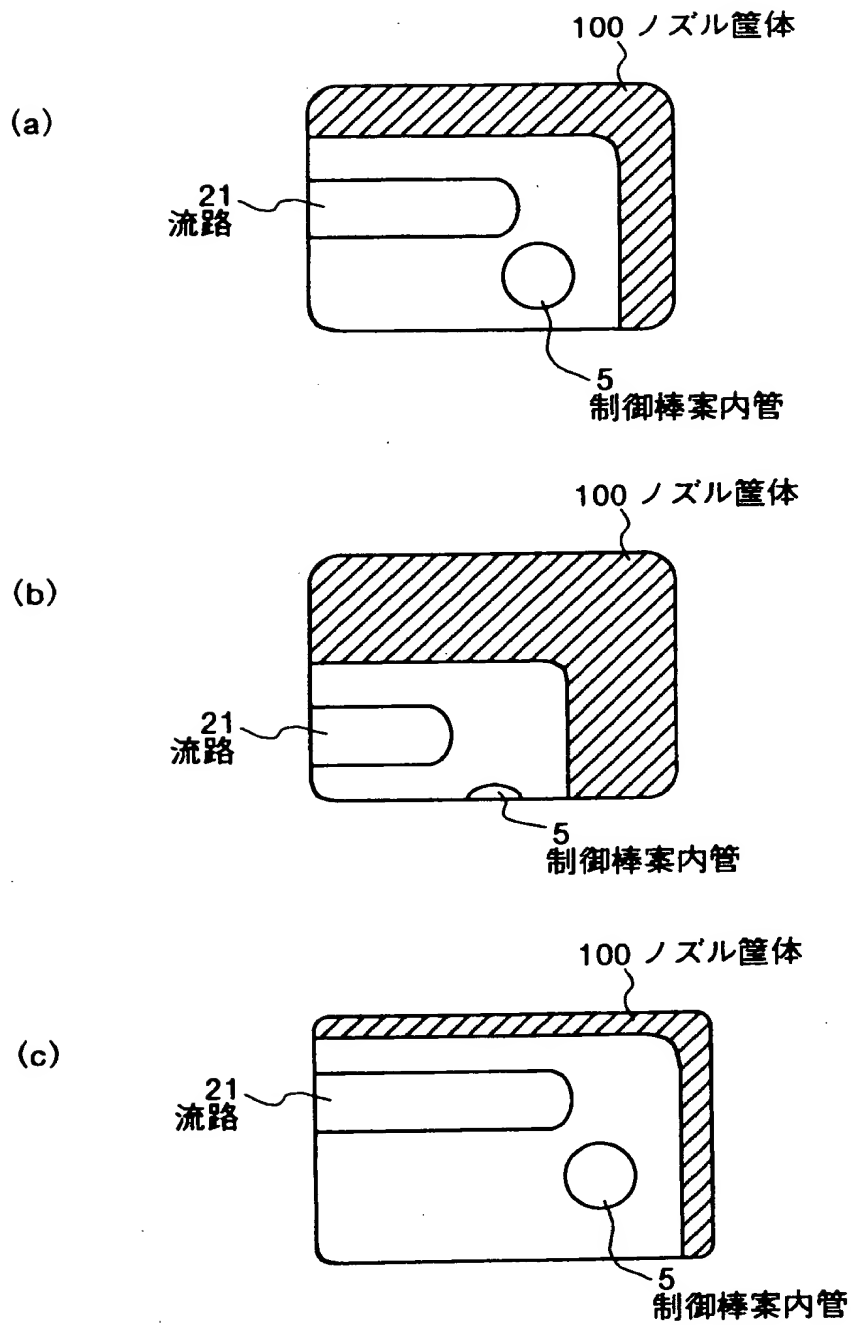
【図 7】



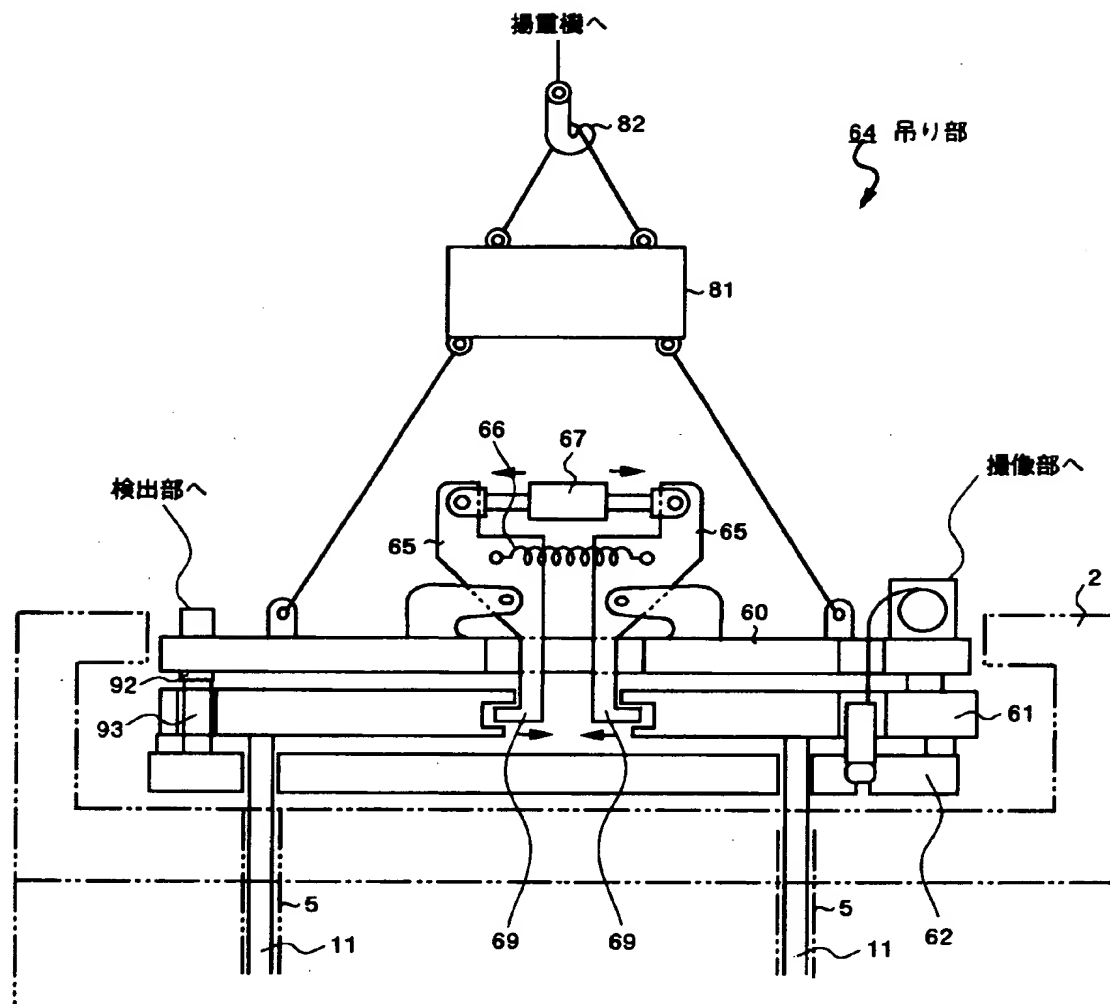
【図 8】



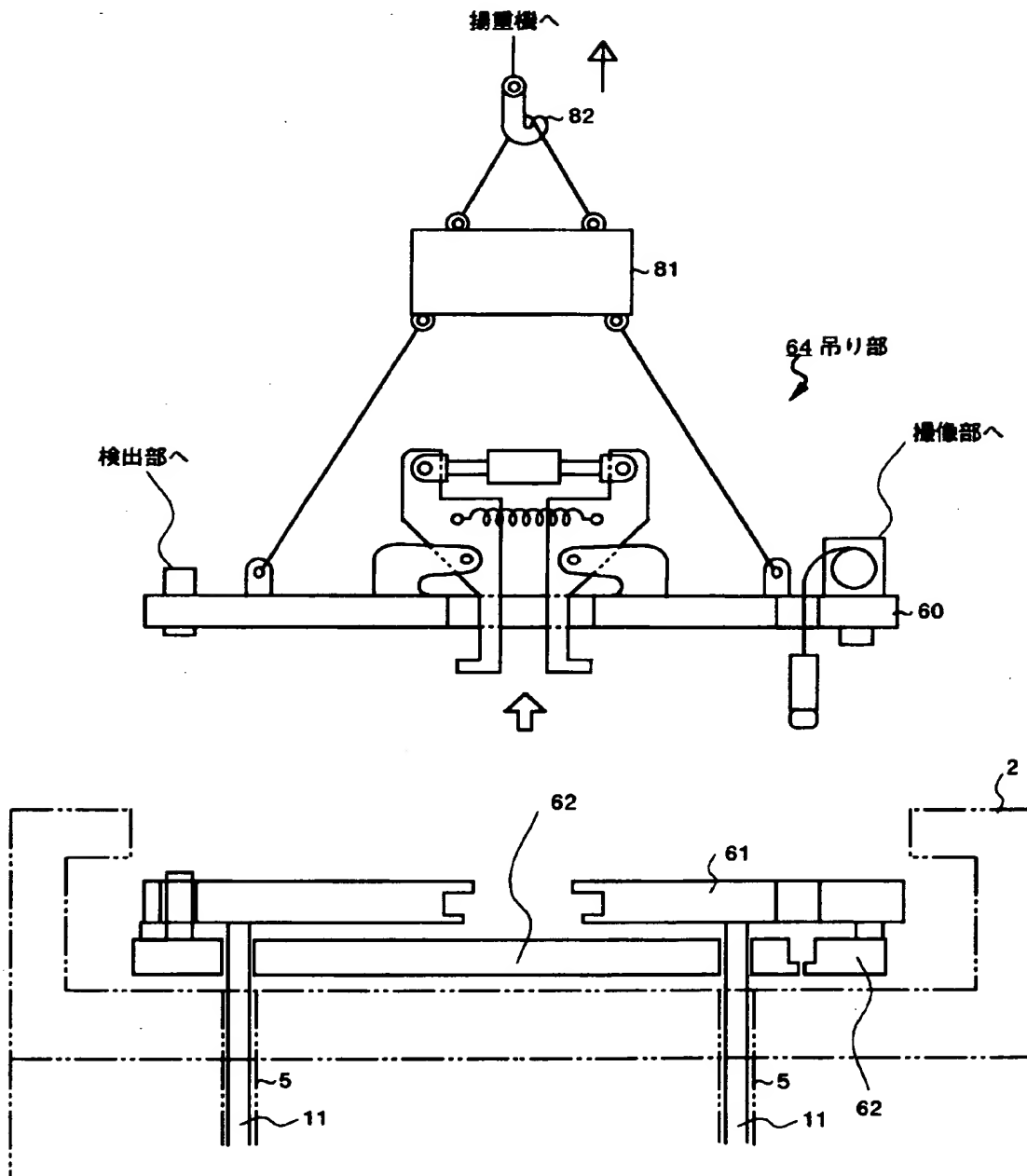
【図 9】



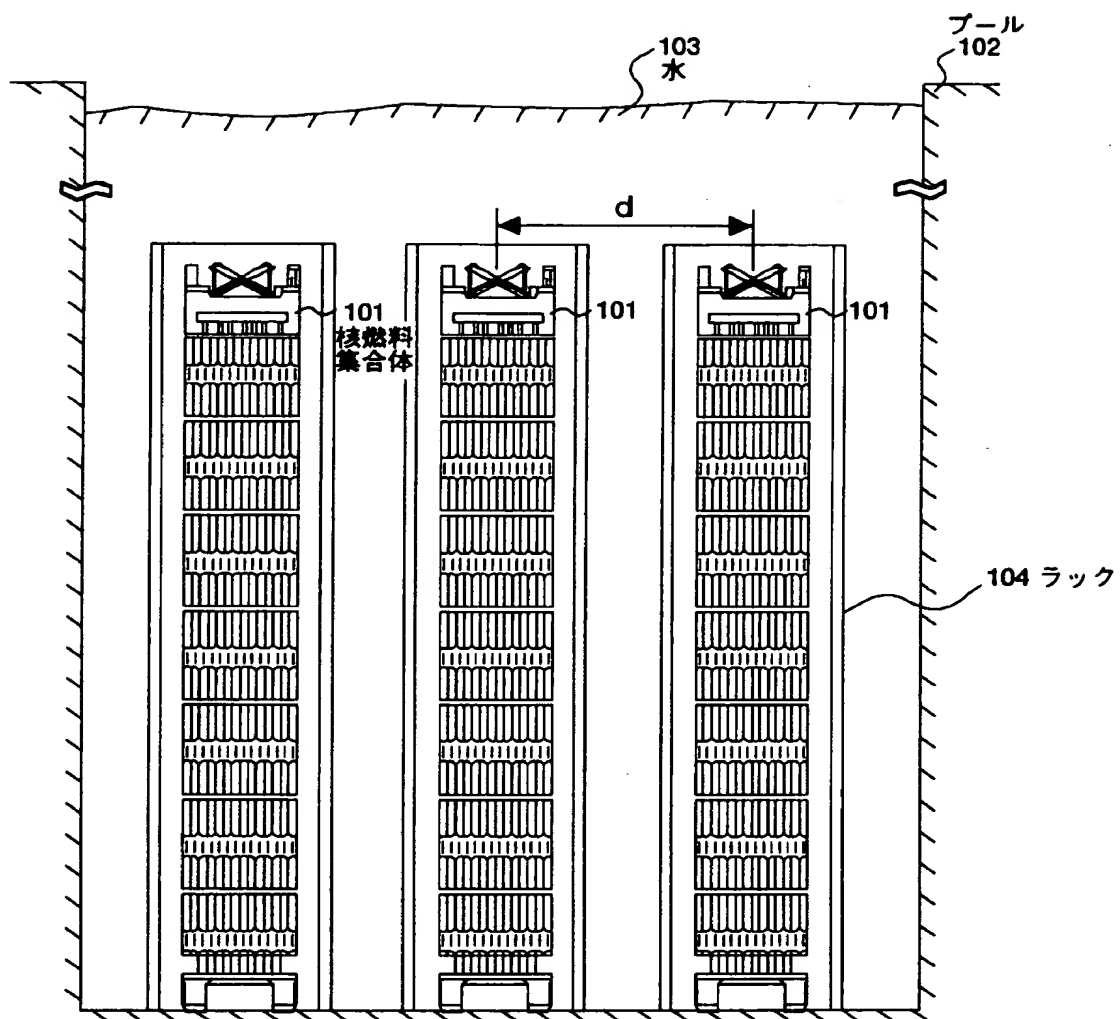
【図 1 0】



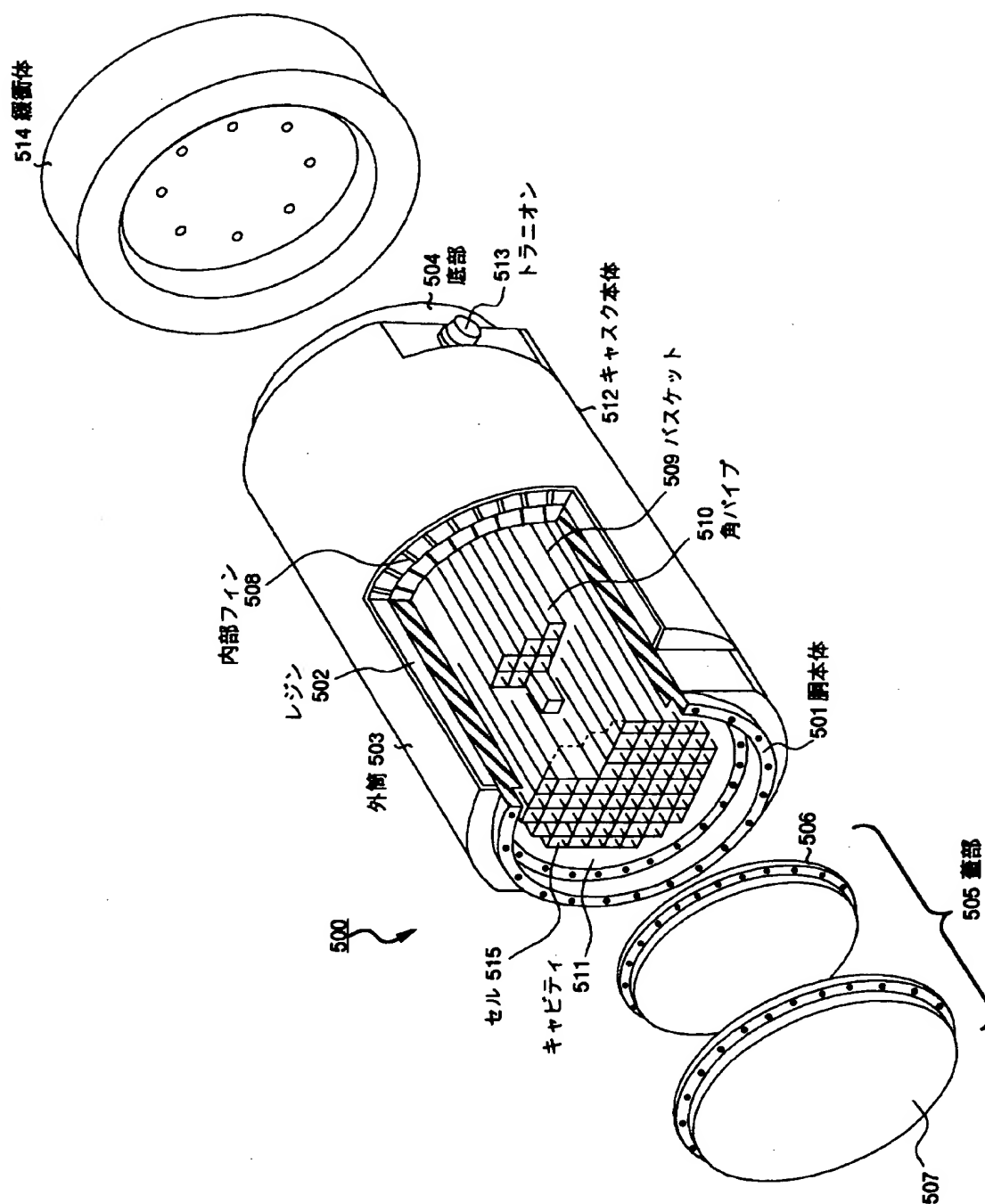
【図 1 1】



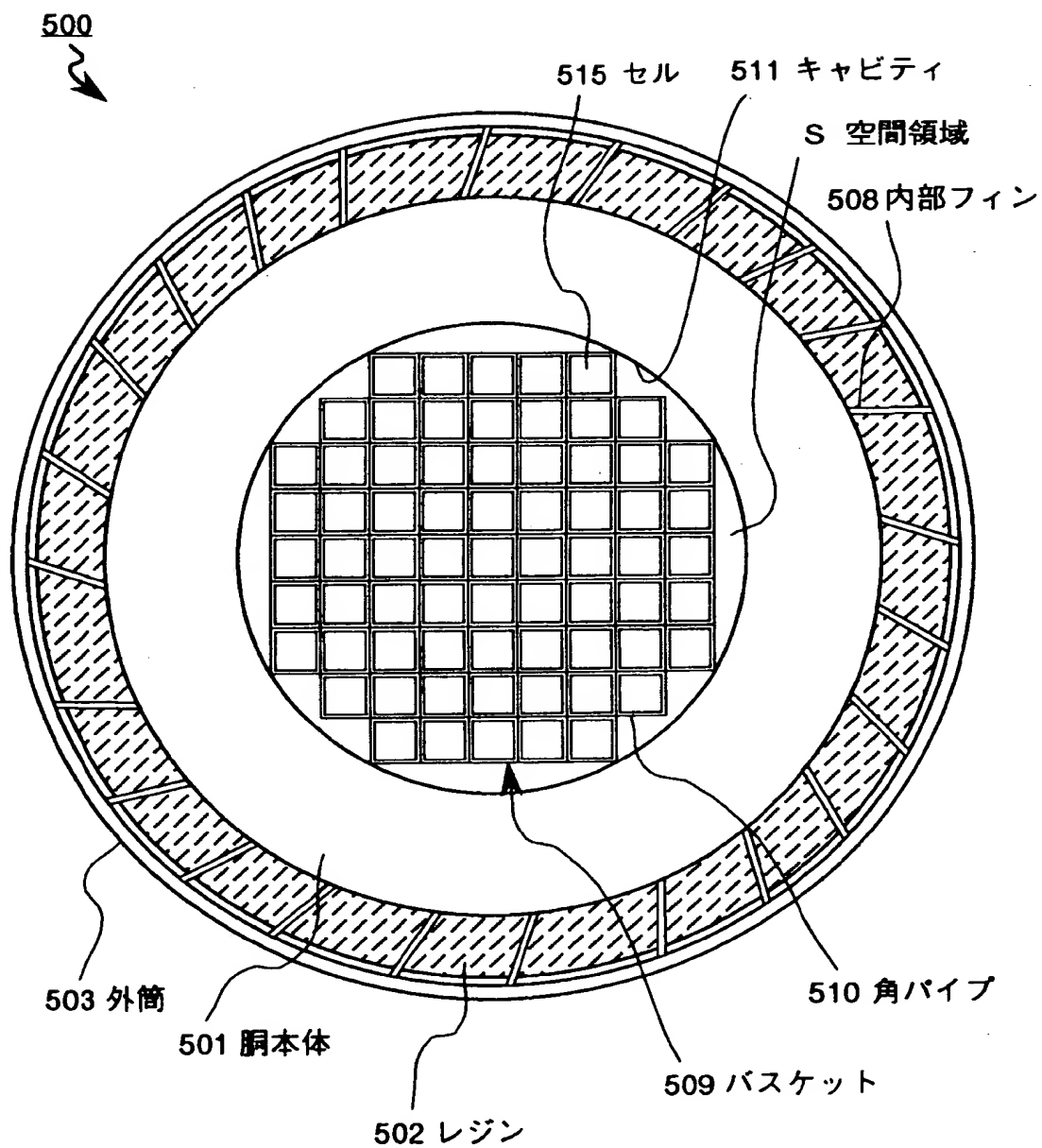
【図 1 2】



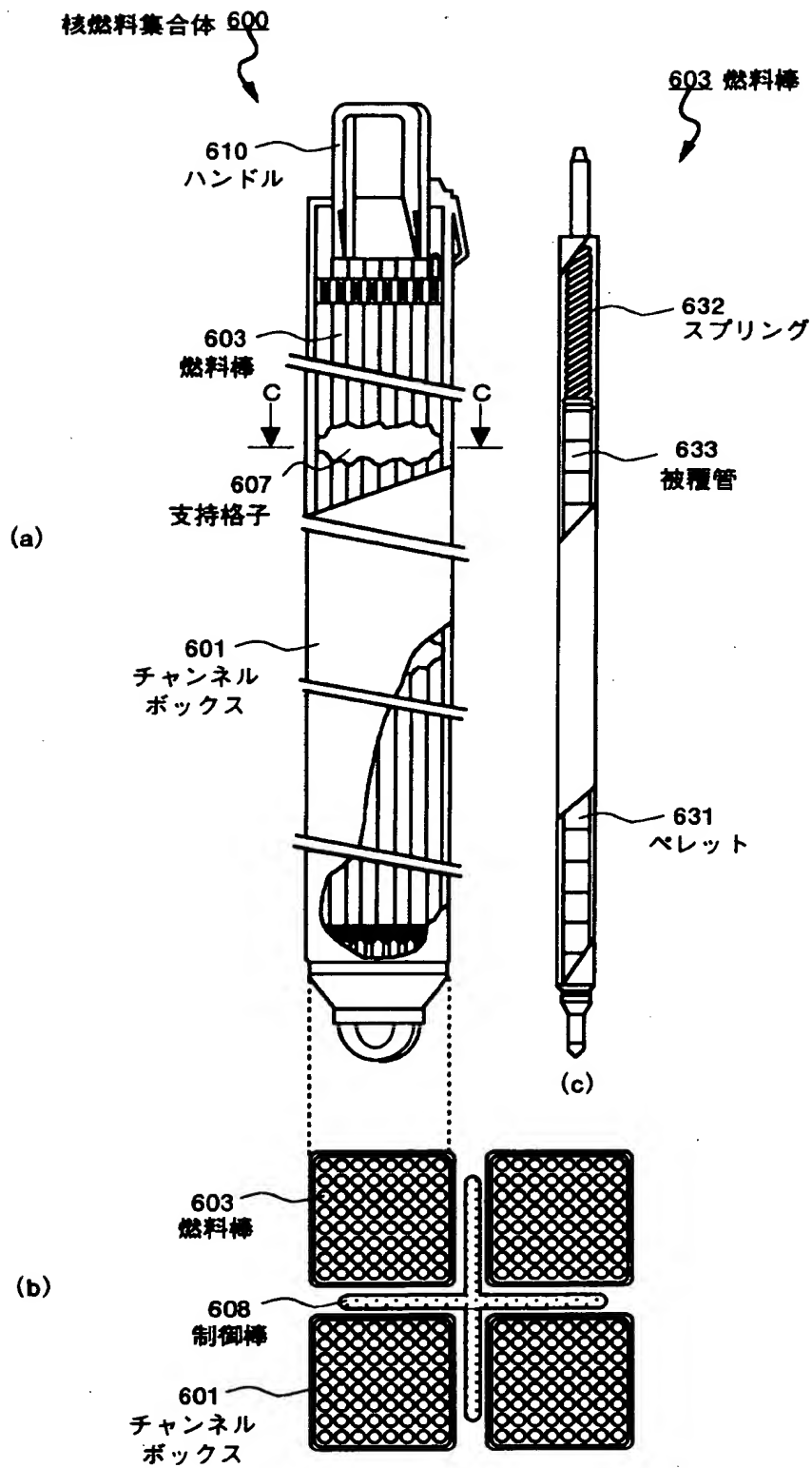
【図 1 3】



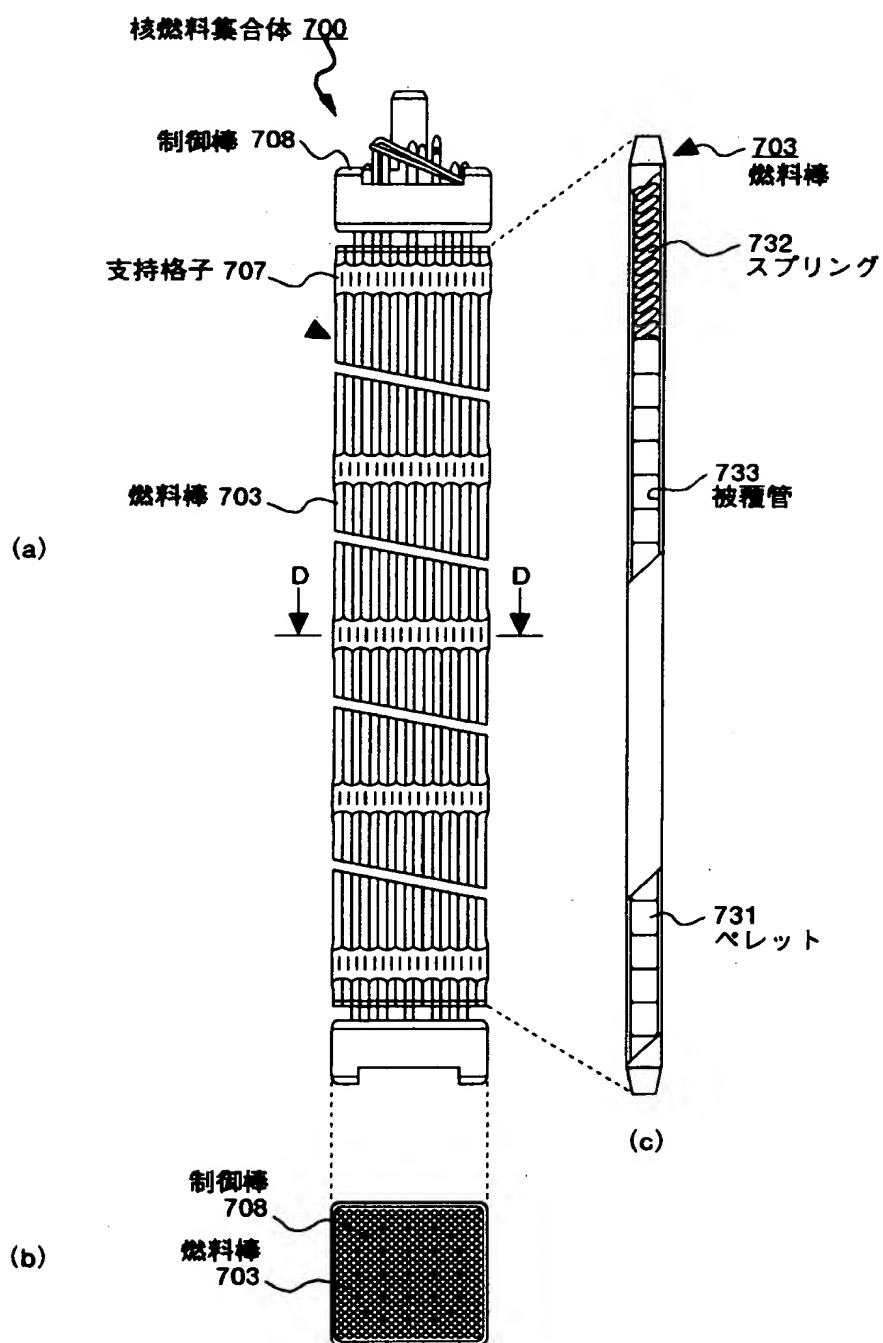
【図 1 4】



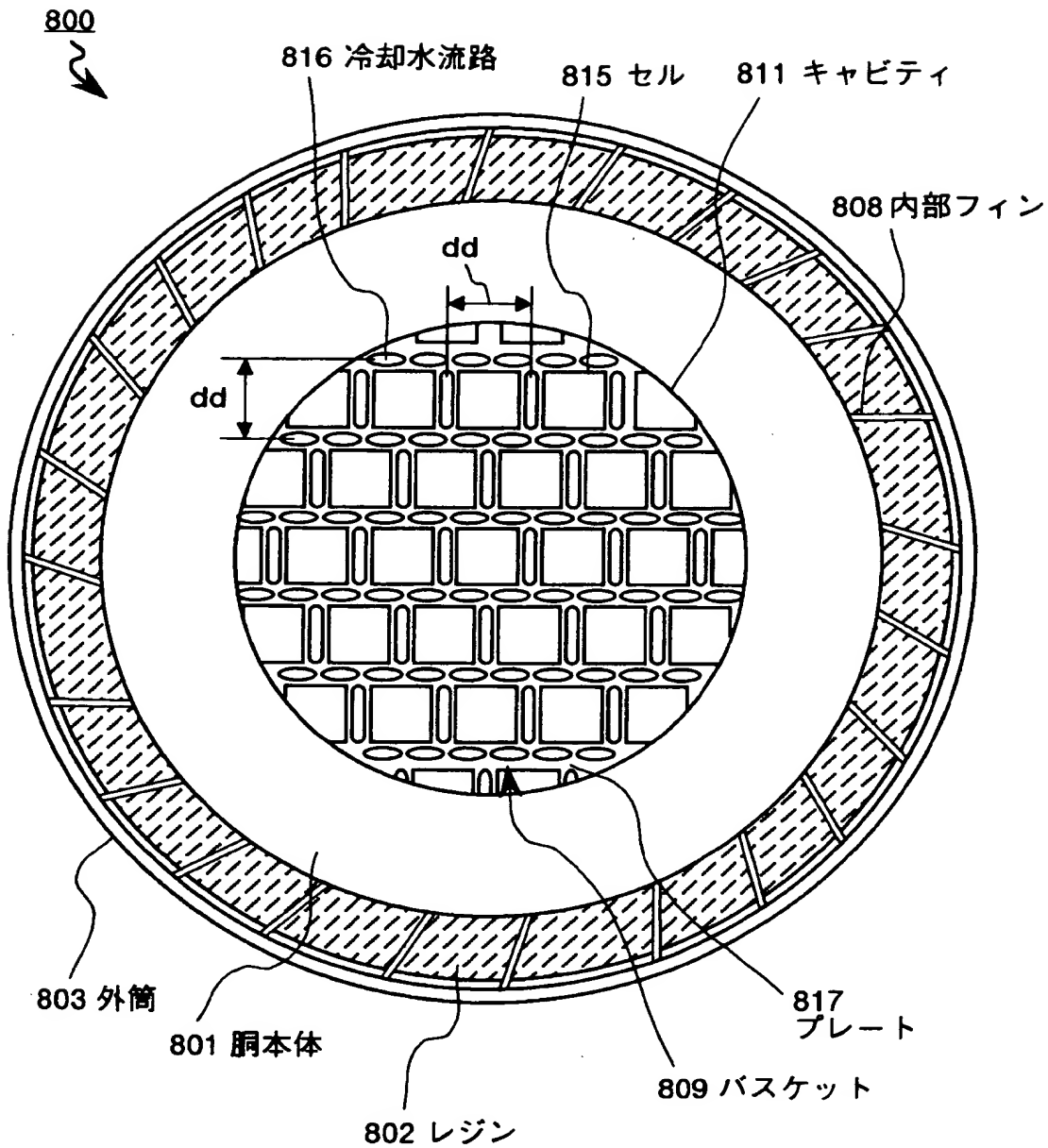
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 PWR用の使用済み核燃料集合体に存在する制御棒挿入空間および計測棒挿入空間を有効利用して使用済み核燃料集合体間における未臨界を担保する距離を短くして使用済み核燃料集合体の収納密度を高めること。

【解決手段】 原子炉内において炉心の反応度制御に用いる円柱の制御棒の形状とほぼ同じ形状をもち、中性子遮蔽能を有した吸収ロッド 1 1 を、核燃料集合体 1 の制御棒案内管および計測管に挿入したことを特徴とする。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第311713号
受付番号	59901070688
書類名	特許願
担当官	伊藤 雅美 2132
作成日	平成11年11月 9日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000006208
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
【氏名又は名称】	三菱重工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100089118
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング 酒井国際特許事務所
【氏名又は名称】	酒井 宏明

【代理人】

【識別番号】	100110560
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング 酒井国際特許事務所
【氏名又は名称】	松下 恵三

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 2 0 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号
氏 名	三菱重工業株式会社